

## ***Design of normal concrete mixes***

المقصود بتصميم الخلطة الخرسانية هو إيجاد الأوزان المختلفة من المواد المختلفة الداخلة في تكوينها ( رمل + ركام كبير + أسمنت + ماء + إضافات ) لإنتاج 1 م<sup>3</sup> من الخرسانة.

ويوجد طرق عديدة لتصميم الخلطات الخرسانية أهمها وهي الأكثر استخداماً ، التصميم بالطريقة البريطانية BRE.

ولتصميم أي خلطة خرسانية هناك أربع متطلبات يجب تحقيقها هي :

### **1) مقاومة الضغط المطلوبة Strength requirements :-**

ويكون ذلك بتحديد نسبة ماء لأسمنت (W/C) تحقق المقاومة المتوسطة المطلوبة (Fm) ، ولذلك تكون هي أولى خطوات التصميم.

### **2) المقاومة للظروف والعوامل الخارجية Durability requirements :-**

ويكون ذلك بتحديد نسبة ماء لأسمنت (W/C) تحقق الظروف الخارجية ومقارنتها بالنسبة للمختارة لتحقيق المقاومة المتوسطة وإكمال التصميم بالأصغر منها لأنها تحقق الاثنين معاً.

### **3) درجة القابلية للتشغيل المناسبة Workability requirements :-**

المقصود بـ Workability هي السهولة التي يتم بها خلط ونقل وصب ودمك الخرسانة في القطاعات الخرسانية المسلحة بأقل مجهود ممكن ولتحقيق ذلك يتم تحديد أفضل محتوى مائي بالخرسانة وتحديد نوعية ومقاس الركام المستخدم.

### **4) إدخال تأثير المتغيرات والعوامل التي تحدث اختلاف في قيم مقاومة الضغط المقاسة**

### **Variability of concrete strength during production**

وسبب ذلك عدة عوامل :

-1 Batch to Batch variation

2- Within test variation

### 3- Overall variation

ونظرا للعوامل السابقة يتم دائما تصميم الخلطة الخرسانية علي مقاومة ضغط متوسطة هي (Fm) أعلي من المقاومة المطلوبة في اللوح الإنشائية وهي (Fc) لتلافي النقص الحادث في مقاومة الضغط نتيجة العوامل السابقة ، والفرق بين Fm و Fc هو Margin أو هامش الأمان.

و في الواقع أن هناك تأثير كبير للمواد الداخلة ( Constituent materials ) في تكوين الخلطة علي المتطلبات السابق ذكرها كالآتي :

#### **-1 Strength requirements :**

بالنسبة لمحتوي الركام الكبير :

\* استخدام الركام المكسر ( Crushed ) يعطي مقاومة أعلي حيث أن الركام المكسر له قوي تماسك (bond) أعلي من الركام (Uncrushed) .

\* التدرج الحبيبي للركام يؤثر بشكل كبير علي مقاومة الضغط للخرسانة المنتجة ، حيث أنه كلما كان الركام جيد التدرج كلما كانت الخرسانة المنتجة بها نسبة فراغات قليلة ولها مقاومة ضغط أكبر.

بالنسبة لمحتوي الأسمنت :

\* كلما زاد محتوى الأسمنت كلما زادت مقاومة الضغط إلا أن هناك حدود للمحتوي الأسمنتي ( Maximum cement content ) لتقليل الشروخ الناتجة عن الانكماش.

بالنسبة للمحتوي المائي :

\* كلما قل المحتوى المائي كلما قلت (W/C) وبالتالي زادت مقاومة الضغط للخرسانة المنتجة.

#### **-2 Durability requirements:**

بالنسبة للأسمنت:

\* تحديد نوع الأسمنت المستخدم فمثلا للخرسانات المعرضة لأملح كبريتات يتم استخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات ، وبخلاف معظم فإن معظم العوامل التي تحسن

مقاومة الضغط (Strength) (تحسن المقاومة للعوامل الجوية (Durability).

### **-3 Workability requirements:**

- \* الركام Crushed يعطي قابلية للتشغيل أقل من الـ . Uncrushed
- \* كذلك الركام الناعم (مقاس اعتباري صغير) يعطي قابلية للتشغيل أقل حيث أن مساحة السطح له تكون أكبر فتمتص جزء أكبر من ماء الخلط.
- \* زيادة محتوى الأسمنت تقلل من قابلية التشغيل نظراً لنعومة الأسمنت.
- \* زيادة المحتوى المائي تزيد من قابلية التشغيل.

### **-4 Variability of concrete strength during production:**

ويعتبر هذا العامل هو أكثر العوامل تأثيراً بالتغير في خواص المواد الداخلة في تكوين الخلطة وهناك مجموعة من المفاهيم لأبد من معرفتها قبل تصميم خلطة خرسانية.

#### **# Strength:**

عبارة عن الإجهاد المطلوب من الخرسانة عند عمر معين وبعد فترة معالجة معينة لتحقيق غرض إنشائي معين.

#### **# Durability:**

هي مقاومة الخرسانة للعوامل الجوية والبيئية الموضوعة فيها لكي تحقق الإجهاد المطلوب منها وتستمر طوال العمر الافتراضي للمنشأ بدون حدوث أي خلل.

#### **# Workability:**

هي السهولة التي يتم بواسطتها خلط ونقل وصب ودمك الخرسانة داخل القطاعات الخرسانية بأقل مجهود ممكن.

#### **# Characteristic strength (Fc):**

هو مقدار مقاومة الضغط للخرسانة المنصوص عليها في اللوحات الإنشائية والمطلوب تحقيقها ، بحيث لا تقل قيم نتائج مقاومة الضغط للخرسانة عن هذه القيمة إلا بنسبة محدودة هي

(of defectives %)

### # Target mean strength ( $F_m$ : (

عبارة عن إجهاد الخرسانة التي يتم تصميمها عليه ويكون أعلى من  $F_c$  بقيمة (Margin) هامش الأمان.

### # Margin:

هي مقدار الزيادة لـ  $F_m$  عن  $F_c$  لتلافي حدوث أي نقص في النتائج بسبب اختلافات المواد وهو يتوقف على كل من الانحراف المعياري و % of defectives

## ***Concept of BRE***

مفهوم هذه الطريقة هو تصميم الخلطة على  $F_m$  بدلا من  $F_c$  بفرق هو هامش

الأمان لتحقيق هدفين :

-1 Short term )Workability(

2- Long term ( Strength and durability)

المعلومات الرئيسية الواجب توافرها لتصميم خلطة خرسانية بالطريقة البريطانية:

### 1- المقاومة ( $F_c$ Characteristic strength) :

# لابد من تحديد قيمة المقاومة المنصوص عليها في اللوح الإنشائية  $F_c$

# لابد من تحديد العمر المطلوب المقاومة عنده وهو إما :

3 (1) days                      7 (2) days

(3) 28 days                      (4) 91 days

وإذا لم يعطى يفرض دائماً أن  $F_c$  معطاه عند عمر 28 يوماً

### 2- المقاومة للعوامل الجوية Durability :

# لابد من توافر معلومات كافية عن الظروف المحيطة بالمنشأ والتي قد تسبب تدهور أو انهيار له.

# قد يضطر المهندس المصمم لاستخدام نوع معين من الأسمنت لتحقيق مقاومة العوامل الجوية مع الزمن (durability) مثل استخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات في تصميم الخلطات الخرسانية المعرضة لأملاح كبريتات ، يتم ذلك بتحديد (W/C) تخص الـ durability .

### 3- نوع الركام الكبير المستخدم وكذلك الـ Max. aggregate size :

# لابد من معرفة نوع الركام المستخدم والمقاس الاعتباري الأكبر للركام حيث ان لهما تأثير علي المحتوي المائي وكذلك التشغيلية.

### 4- درجة التشغيلية المطلوبة Workability :

# ويعبر عنها بالـ Slump والـ VB

(0-10 mm (>12sec	في حالة الخرسانه العادية
(10-30 mm (6-12sec	في القواعد الخرسانية خفيفة التسليح
(30-60 mm (3-6sec	في القطاعات الخرسانية ذات الأبعاد الكبيرة
(60-180 mm (0-3sec	في القطاعات الخرسانية ذات الأبعاد الصغيرة وذات حديد تسليح كثيف بالإضافة إلي الخرسانة المستخدم في صبها المضخات (Concrete Pumps)

### 5- معلومات أخرى :

لابد من معرفة نسبة الأختبارات التي تقل مقاومة الضغط لها عن  $F_c$  والتي تسمى % of defectives of ويحدد علي أساسها الثابت  $K$ .

% of defectives	K
1	2.33
2.5	1.96
5	1.64
10	1.28

# إذا لم يذكر  $K$  يؤخذ يساوي 1.64

# لابد من معرفة الانحراف المعياري  $S$  وإذا لم يذكر يفترض كالاتي :

-1  $S > 40 \text{ kg/cm}^2$   $S = 40 \text{ kg/cm}^2$

2-  $40 < S < 80 \text{ kg/cm}^2$   $S = \text{as given}$

3-  $S = 80 \text{ kg/cm}^2$  If not given.....

## **Main steps to design a normal concrete mix**

## الخطوات الرئيسية لتصميم خلطة خرسانية:

### 1- تحديد نسبة Free W/C ratio :-

# بمعرفة قيمة المقاومة الصحيحة (Fc) والانحراف المعياري (S) ونسبة عدد الاختبارات التي من المتوقع أن تعطي مقاومة ضغط أقل من (Fc) وهي % of defectives يتم تحديد المقاومة المتوسطة Fm من خلال المعاداة الآتية:

# بمعرفة نوعية الأسمنت المستخدمة وكذلك نوعية الركام وباستخدام الجدول رقم (2) والمنحنى رقم (4) يتم تحديد نسبة (W/C) strength التي تحقق المقاومة المتوسطة (Fm).

# بمعرفة الظروف والعوامل البيئية التي تتعرض لها الخرسانة durability condition يتم تحديد نسبة الـ (W/C) durability التي تحقق المقاومة لتلك الظروف والعوامل المختلفة والتي من الممكن أن تؤدي إلي انهيار الخرسانة تحت تأثير التعرض لتلك العوامل أو الظروف. من الكود المصري الباب الثاني.

# يتم استكمال خطوات التصميم علي القيمة الأقل من (W/C) المحددة من الخطوتين السابقتين.

### 2- تحديد كمية ماء الخلط ( F.W.C ) Free water content :-

بمعلومية درجة قابلية التشغيل المطلوبة ونوعية الركام والمقاس الاعتباري الأكبر يتم تحديد كمية ماء الخلط الذي يحقق قابلية التشغيل المطلوبة وذلك باستخدام الجدول رقم (3) .

### 3- تحديد محتوى الأسمنت Cement content :-

# وهنا يجب ملاحظة ما إذا كان هناك اشتراطات سابقة علي محتوى الأسمنت المستخدم مثل إعطاء الحد الأدنى المقبول لمحتوي الأسمنت Min. cement content لتحقيق أغراض أخرى ، أو مثل إعطاء الحد الأقصى المقبول لمحتوي

الأسمنت Max. cement content ويراعي هنا الأخذ في الاعتبار ضروره تحقيق هذه الحدود كشرط أساسي لقبول الخلطه

#### **4- تحديد المحتوى الكلي للركام Total aggregate content :-**

# بمعلومية الكثافة النسبية للركام ومحتوي الخلط الحر وكذا نوعية الركام المستخدم يتم تحديد وزن المتر المكعب من الخرسانة المراد تحديد كمياتها ، وذلك باستخدام المنحنى رقم (5) وبالتالي يتم تحديد محتوى الركام الكلي من المعادلة الآتية :

$$\text{Total aggregate content} = D - C.C - F.W.C$$

(in saturated surface dry condition)

Where: D = the wet density of concrete ..... Kg/m<sup>3</sup>

C.C = the cement content ..... Kg/m<sup>3</sup>

F.W.C = the free water content ..... Kg/m<sup>3</sup>

#### **5- تحديد محتوى الركام الصغير والركام الكبير Fine and coarse agg. content :-**

# يتم تحديد نسبة الركام الصغير في الخلطة الخرسانية ، وذلك باستخدام المنحنيات رقم (6) وذلك بمعلومية كل من المقاس الاعتباري الاكبر للركام ، درجة قابلية التشغيل المطلوبة ، نسبة (W/C)design وبالتالي يمكن تحديد محتوى الركام الصغير والكبير كالتالي :

Fine agg. content = Total agg. content x proportions of fines

Coarse agg. content = Total agg. content - fine agg. content

# ويجدر الإشارة هنا إلي أهمية عمل الخلطات التجريبية للتأكد من أن الكميات المحدودة باستخدام مبادئ الطريقة البريطانية تحقق الاشتراطات أو الخواص



المطلوبة والتي يمكن إجمالها في الخصائص التالية :

-1 Workability

-2 Density

3- Compressive strength  
conditions

4- Exposure

**ملحوظة هامة :**

الكميات المحددة بالطريقة البريطانية تعتمد أساسا علي أن الركام في حالة S.S.D ،  
ولذا يجب تحديد محتوى الرطوبة في الركام لتعديل كمية الماء الناتج وكذلك كميات  
الركام طبقا لحالة الركام وهو مايسمي ب.....

## ***Adjustment of mix proportions***

**1- Workability**

**2- Density**

**3- Strength**

**4- Moisture conditions**

### **-1 Workability :**

# احيانا يتم تقليل محتوى الماء اللازم في حالة وجود التشغيلية عالية ، وذلك عن طريق حجز جزء من ماء الخلط.

# أحيانا يتم زيادة محتوى الماء في الخلطة للوصول للتشغيلية المطلوبة ولكن ذلك قد يحتاج إلى تغيير نسب الركام مع الحفاظ علي الكثافة.

### **-2 Density :**

# بعد عمل الخلطة يتم تحديد الكثافة الرطبة للخرسانة ، فإن كانت مثل المصمم عليها لا يتم عمل شيء.

# إذا كانت الكثافة الفعلية  $D_{actual}$  تختلف عن  $D_{design}$  يتم التعديل بضرب كل نسب الخلط في للحصول علي 1 م<sup>3</sup> خرسانة مضبوطة الكثافة.

### **-3 Strength :**

# علي حسب نتائج مقاومة الضغط لخلطة التجربة يتم عمل تعديل في (W/C) وقد يتطلب ذلك تعديل نسب الخلط من ركام وأسمنت.

# إذا قلت مقاومة الضغط عن القيمة المطلوبة يتم تقليل نسبة (W/C)

# إذا زادت مقاومة الضغط عن القيمة المطلوبة يتم زيادة نسبة (W/C)

تفترض طريقة التصميم BRE أن الركام فيها يكون علي الحالة SSD ونظرا لصعوبة تحقيق ذلك في الموقع فإنه يمكن تعديل محتوى الماء علي حسب حالة الركام.

### **أولا : الركام جاف ومعدل الامتصاص له A.C :**

ويتم حساب محتوى الماء الجديد (مقدار الزيادة في الماء)

### **ثانياً A.C > M.C :**

يتم زيادة الماء في الخلطة وتقليل وزن الركام

### **ثالثاً A.C < M.C :**

يتم زيادة وزن الركام في الخلطة وتقليل الماء

يتم عمل ذلك لكل من الركام الناعم والركام الخشن.

### ملحوظة:-

#### **A.C : Absorption capacity**

عبارة عن كمية الماء اللازمة لتحويل الركام من الحالة الجافة تماما إلى الحالة SSD

#### **M.C : Moisture content**

عبارة عن كمية الماء الموجودة فعليا بالركام

#### **SSD : Saturated surface dry**

وهو أن الركام مشبع ذو سطح جاف بمعنى أن كمية الماء الموجودة به M.C هي

نفسها كمية الماء اللازمة للامتصاص A.C

at SSD

$$A.C = M.C$$

هناك عدة عوامل تؤثر على تصميم الخلطات الخرسانية ومنها الآتي :

-1 Strength

2- Workability

3- Durability

4- Economy

5- Quality

### أولا : مقاومة الضغط Strength

لتحقيق مقاومة الضغط للخلطة الخرسانية تضع المواصفات قيود علي الآتي:

1- نسبة الماء للأسمنت (minimum W/C ratio)

2- أقل محتوى أسمنتي مستخدم (minimum cement content)

# في معظم طرق التصميم تعتبر مقاومة الضغط هي الهدف الأساسي من تصميم الخلطة

### ثانيا : قابلية التشغيل Workability

- 1- يراعي أن تصمم الخلطات الخرسانية علي أقل قابلية تشغيل ممكنة بشرط أن تمكن صب الخرسانة بشكل جيد وكذلك دمكها.
- 2- يراعي أن المسئول عن قابلية التشغيل بجانب أكبر هي خواص الركام المستخدم.
- 3- يراعي أن تكون قابلية التشغيل بالدرجة التي لا تتسمح بحدوث انفصال حبيبي segregation

### ثالثا : المقاومة للعوامل الجوية والبيئية Durability

لتحقيق أفضل مقاومة للعوامل الجوية والبيئية مع الزمن يشترط الآتي :

- 1- نسبة الماء للأسمنت (min. W/C ratio)
- 2- أقل محتوى أسمنتي مستخدم (min. cement content)
- 3- نوع الأسمنت (type of cement)

### رابعا :التكلفة Economy

عند تصميم الخلطات الخرسانية يراعي الجانب الاقتصادي في تصميم الخلطات وقد وجد أن تكلفة الخرسانة تأتي من ثلاث عوامل هي :

- 1- تكلفة المواد الداخلة في صناعة الخرسانة.
- 2- العمالة.
- 3- المعدات.

ونظرا لأن تكلفة العمالة والمعدات ثابتة لكل أنواع الخرسانة فإن فرق التكلفة بين

خرسانة وأخري يأتي من الفرق في تكلفة المواد.

(1) يعتبر الأسمنت هو أغلي مكونات الخرسانة ولتحقيق الجانب الاقتصادي يجب استخدام أقل محتوى أسمنتي في الخرسانة.

(2) استخدام ركام بمقاس اعتياري يضمن عدم حدوث تعشيش.

(2) استخدام نسبة ركام ناعم \ خشن مناسبة.

ويراعي الأتي :

# أن استخدام أقل محتوى أسمنتي يقلل من الشروخ الناتجة عن انكماش الخرسانة.

# كمية الحرارة المنبعثة من الإماهة.

# كمية الأسمنت المستخدم يجب الا تكون قليلة بالدرجة التي تؤثر علي مقاومة الضغط المبكرة للخرسانة.

### **خامسا : الجودة Quality**

لتحقيق أفضل جودة للخرسانة عند تصميمها يراعي الأتي :

(1) استخدام W/C تحقق قابلية للتشغيل تناسب العنصر الخرساني التي ستستخدم في صبه

(2) عمل Quality control بالموقع.

(3) ضمان إتمام معالجة الخرسانة بعد صبها لتحسين خواص الخرسانة.

### Example no (1)

#### Given:

Max agg size = 20 mm , Standard deviation = 50 kg/cm<sup>2</sup>

Max cement content 400 kg / m<sup>3</sup> , Fc = 350 kg/cm<sup>2</sup>, Slump = 30 - 60 mm

Aggregate (well graded medium sand),  
natural gravel (zone 2-3) (un crushed )

#### Solution:

Assume that 1- % of defects = 5 % k= 1.64

2- Type of cement opc

3- w/c durability = 0.5

#### Stage 1

$$\text{Margin} = k * s = 1.64 * 50 = 82 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_m = F_c + k * s = 350 + (82) = 432 \text{ kg/cm}^2$$

\*From table in ECC (2-9) w/c = 0.5 min Cement. Content= 350 kg/m<sup>3</sup>

\*from table (2) at w/c = 0.5

, type of cement opc , type of aggregate = uncrushed

We find that  $F_m = 400 \text{ kg/cm}^2$

Then use curve at  $w/c = 0.5$  and  $f_m = 400 \text{ kg/cm}^2$

So find that  $w/c \text{ design} = 0.47$  and  $w/c \text{ durability } w/c = 0.5$

0.4
7

Choose the minimum value of  $w/c$

### Stage 2

**Find** the free water content:

180kg/m <sup>3</sup>
----------------------

For table (3) and use (**uncrushed** aggregate), **slump** (30-60mm) , **max agg** = 20 mm

We find that F.W.C =

### Stage 3

**Find** the allowable cement content:

$$C.C = (F.W.C) / (W/C) \text{ design}$$

383kg/m <sup>3</sup>
----------------------

$$C.C = 180 / 0.47 = < \text{max allowable } C.C = 450 \text{ kg/m}^3$$

#### Stage 4

Total weight for wet density

Assume relative density 2.6 uncrushed charts (5)

$$\frac{2375\text{kg}}{\text{m}^3}$$

We find **wet density** =

#### Stage 5

From fig (6) to find % fine aggregate

at  $w/c = 0.47$  , **slump** 30-60 , max size = 20 mm

% of fine aggregate = 32 %

So total aggregate content=  $2375 - 180 - 383 = 1812 \text{ kg/m}^3$

$$\frac{580\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Weight of fine agg. =  $0.32 * 1812 =$

$$\frac{1232\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Weight of coarse agg. =  $1812 - 580 =$